

# ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ

Β Έκδοση

ΒΛΑΧΑΒΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ  
ΚΕΦΑΛΑΣ ΠΕΤΡΟΣ  
ΒΑΣΙΛΕΙΑΔΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ  
ΚΟΚΚΟΡΑΣ ΦΩΤΗΣ  
ΣΑΚΕΛΛΑΡΙΟΥ ΗΛΙΑΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

# Κεφάλαιο 1

## *Εισαγωγή*

Τεχνητή Νοημοσύνη - Β' Έκδοση

Ι. Βλαχάβας, Π. Κεφαλάς, Ν. Βασιλειάδης, Φ. Κόκκορας, Η. Σακελλαρίου

# Εισαγωγή



John McCarthy

- ❖ Η ΤΝ συμπλήρωσε 45 χρόνια ζωής.
  - ❑ Είναι ένα από τα πιο νέα ερευνητικά πεδία.
  - ❑ Τυπικά ξεκίνησε το 1956 στη συνάντηση μερικών επιφανών επιστημόνων, όπως ο John McCarthy, ο Marvin Minsky, ο Claude Shannon, κ.α.



Claude Shannon  
(1916-2001)

- ❖ Η μελέτη της νοημοσύνης είναι ένα από τα πιο παλιά θέματα.
- ❖ Το βιβλίο προσεγγίζει το θέμα της Τ.Ν.:
  - ❑ Οριοθετώντας το πρόβλημα, παρουσιάζοντας αλγορίθμους αναζήτησης και περιγράφοντας τρόπους αναπαράστασης, προσπαθώντας δηλαδή να επιλύσει την εξίσωση: Τ.Ν. = Αναπαράσταση Γνώσης + Αναζήτηση.
  - ❑ Συμπληρώνεται με τη μελέτη κλασικών εφαρμογών που ιστορικά ανήκουν στην περιοχή, όπως: το σχεδιασμό ενεργειών, τα έμπειρα συστήματα, τα νευρωνικά δίκτυα, γενετικούς αλγορίθμους, κ.α.
  - ❑ Για λόγους πληρότητας παρουσιάζονται συνοπτικά και άλλες δημοφιλείς εφαρμογές όπως: οι πράκτορες, η ρομποτική, η μηχανική όραση, κ.α.

# Τι είναι Τεχνητή Νοημοσύνη

ΤΝ είναι ο τομέας της επιστήμης των υπολογιστών, που ασχολείται με τη σχεδίαση ευφυών (νοημόνων) υπολογιστικών συστημάτων, δηλαδή συστημάτων που επιδεικνύουν χαρακτηριστικά που σχετίζουμε με τη νοημοσύνη στην ανθρώπινη συμπεριφορά (Barr και Feigenbaum).

- ❖ Πριν ορίσουμε την Τεχνητή Νοημοσύνη πρέπει να ορισθεί πρώτα η νοημοσύνη.

# Τι είναι Νοημοσύνη

- ❖ Ο Howard Gardner στο βιβλίο του *Frames of Mind: The theory of multiple intelligences* (1983), διακρίνει σε κάθε άνθρωπο 8 τύπους νοημοσύνης (Γλωσσική, Λογική/Μαθηματική, Μουσική, Χωρική, Σωματική, Διαπροσωπική, Ενδοπροσωπική, Φυσιοκρατική) οι οποίοι είναι ευδιάκριτοι μέσα στον εγκέφαλο αλλά στην πράξη χρησιμοποιείται ένα μίγμα από αυτούς.
- ❖ Στο ερμηνευτικό λεξικό του Cambridge (<http://dictionary.cambridge.org/>) θα βρούμε ότι νοημοσύνη είναι η ικανότητα για μάθηση, κατανόηση και κρίση ή αιτιολογημένη έκφραση γνώμης.
- ❖ Στο λεξικό Merriam-Webster (<http://www.m-w.com/>) αναφέρεται ότι νοημοσύνη είναι η ικανότητα για μάθηση ή κατανόηση ή η αντιμετώπιση νέων ή δύσκολων καταστάσεων.

# Ορισμός της Νοημοσύνης

- ❖ Ο Douglas Hofstadter (βραβείο Pulitzer), προτείνει ότι νοημοσύνη είναι, να:
  - ❑ Ανταποκρίνεσαι σε καταστάσεις με ελαστικότητα (όχι μηχανική συμπεριφορά).
  - ❑ Κατανοείς τα ασαφή ή αντιφατικά μηνύματα από τα συμφραζόμενα.
  - ❑ Αναγνωρίζεις και να ιεραρχείς τα διάφορα δεδομένα με βάση τη σπουδαιότητα τους.
  - ❑ Βρίσκεις ομοιότητες μεταξύ καταστάσεων οι οποίες μοιάζουν διαφορετικές.
  - ❑ Βρίσκεις διαφορές μεταξύ καταστάσεων οι οποίες μοιάζουν παρόμοιες.
  
- ❖ Οι ικανότητες αυτές έχουν τουλάχιστον ένα κοινό χαρακτηριστικό: αποκτώνται εύκολα από τους ανθρώπους και βασίζονται συνήθως σε ένα σύνολο σταθερών και στερεότυπων απόψεων/γνώσεων που κατέχει οποιοσδήποτε άνθρωπος και αποκαλείται *κοινή λογική* (*common sense*).

# Ορισμός της ΤΝ

- ❖ Άλλοι ορισμοί επικεντρώνονται στη διαδικασία σκέψης και συλλογισμού και άλλοι στη συμπεριφορά. Υπάρχουν ορισμοί σύμφωνα με τους οποίους στόχος της ΤΝ είναι να φτιάξει συστήματα που:
  - Σκέφτονται όπως οι άνθρωποι:
  - Συμπεριφέρονται όπως οι άνθρωποι:
  - Σκέφτονται λογικά:
  - Αντιδρούν λογικά:

## Γενικός Ορισμός ΤΝ

ΤΝ είναι ο τομέας της Επιστήμης των Υπολογιστών που ασχολείται με τη σχεδίαση και την υλοποίηση προγραμμάτων τα οποία είναι ικανά να μιμηθούν τις ανθρώπινες γνωστικές ικανότητες, εμφανίζοντας έτσι χαρακτηριστικά που αποδίδουμε συνήθως σε ανθρώπινη συμπεριφορά, όπως η επίλυση προβλημάτων, η αντίληψη μέσω της όρασης, η μάθηση, η εξαγωγή συμπερασμάτων, η κατανόηση φυσικής γλώσσας, κλπ.

# Περιοχές της ΤΝ

- Επίλυση προβλημάτων
- Απόδειξη Θεωρημάτων,
- Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας,
- Τεχνητή Όραση,
- Μηχανική Μάθηση
- Σχεδιασμός Ενεργειών και Χρονοπρογραμματισμός,
- Αυτόνομα Robot,
- Έμπειρα Συστήματα και Συστήματα Γνώσης,
- Ευφυείς πράκτορες (agents)
- Ευφυείς υπηρεσίες διαδικτύου και σημασιολογικό διαδίκτυο (semantic web)
- Προσαρμοζόμενα και εξελισσόμενα ευφυή συστήματα
- και άλλες



# Προσεγγίσεις για την ΤΝ

- ❖ Κλασική ή συμβολική (symbolic AI): Βασίζεται στην κατανόηση των νοητικών διεργασιών και ασχολείται με τη προσομοίωση της ανθρώπινης νοημοσύνης προσεγγίζοντάς την με αλγορίθμους και συστήματα που βασίζονται στη γνώση χρησιμοποιώντας ως δομικές μονάδες τα σύμβολα (π.χ. συστήματα κανόνων).
- ❖ Υπολογιστική νοημοσύνη (computational intelligence) ή Συνδεδετική (connectionist) ή μη-συμβολική: Βασίζεται στη μίμηση της βιολογικής λειτουργίας του εγκεφάλου όπως η διαδικασία της εξέλιξης των ειδών ή η λειτουργία του εγκεφάλου (π.χ. νευρωνικά δίκτυα, γενετικοί αλγόριθμοι).

# Δοκιμασία Turing

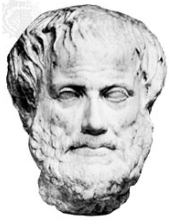
- ❖ Ο Alan Turing (1913-1954) ο οποίος θεωρείται ο πατέρας της ΤΝ, εμπνεύστηκε το 1950 ένα τεστ (Turing test), για την αναγνώριση ευφυών μηχανών.



Alan Turing

- Το Turing test βασίζεται σε μία σειρά από ερωτήσεις που υποβάλει κάποιος σε έναν άνθρωπο και μία μηχανή, χωρίς να ξέρει εκ των προτέρων ποιος είναι ποιος.
  - Αν στο τέλος δεν καταφέρει να ξεχωρίσει τον άνθρωπο από τη μηχανή, τότε η μηχανή περνάει το τεστ και θεωρείται ευφυής.
- ❖ Ο προγραμματισμός ενός υπολογιστή για να περάσει το τεστ, απαιτεί τη συμμετοχή αρκετών επιστημονικών πεδίων, όπως:
    - Επεξεργασία φυσικής γλώσσας (Natural Language Processing, NLP).
    - Αναπαράσταση γνώσης.
    - Αυτοματοποιημένη συλλογιστική.
    - Μηχανική μάθηση.
- ❖ Μια επέκταση του τεστ (**πλήρες Turing τεστ**) περιλαμβάνει και την αναγνώριση εικόνων και αντικειμένων.
    - Απαιτείται η συμμετοχή και άλλων δύο επιστημονικών πεδίων, της μηχανικής όρασης (machine vision) και της ρομποτικής (robotics).

# Η Εξέλιξη της ΤΝ



- ❖ Οι "συλλογισμοί" του Αριστοτέλη (384-322 π.Χ.) παρείχαν πρότυπα εκφράσεων που έδιναν πάντα σωστά συμπεράσματα από σωστές υποθέσεις.
- ❖ 1854: Ο George Boole έθεσε τις βάσεις της προτασιακής λογικής.
- ❖ 1879: Ο Gottlieb Frege πρότεινε ένα σύστημα αυτοματοποιημένης συλλογιστικής και έθεσε τις βάσεις του κατηγορηματικού λογισμού (predicate calculus).
- ❖ 1943: Ο McCulloch και ο Pitts πρότειναν ένα μοντέλο τεχνητών νευρώνων που είχε τη δυνατότητα να μαθαίνει και να υπολογίζει κάθε υπολογίσιμη συνάρτηση.
- ❖ 1951: Ο Minsky και ο Edmonds υλοποίησαν το πρώτο νευρωνικό δίκτυο, το SNARC, με 40 νευρώνες, το οποίο χρησιμοποιούσε 3.000 λυχνίες.
- ❖ 1956: Διοργάνωση συνεδρίου (workshop) καθοριστικού στη γέννηση της Τ.Ν.



George Boole

# Η Εξέλιξη της ΤΝ

## Δεκαετία '60

### ❖ 1958: Ο McCarthy:

- ❑ Όρισε τη συναρτησιακή γλώσσα LISP.
- ❑ Πρότεινε ένα υποθετικό σύστημα (τον advice taker), που χρησιμοποιούσε γνώση (όπως το LT) αλλά αφορούσε γενικά, καθημερινά, προβλήματα.

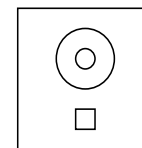
### ❖ 1958: Ο Friedberg πρότεινε μια τεχνική, τη μηχανική εξέλιξη (machine evolution) ή όπως ονομάζεται τώρα, γενετικοί αλγόριθμοι (genetic algorithms).

### ❖ Δεκαετία του '60:

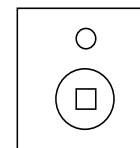
- ❑ Στο Stanford υλοποιήθηκε το πρώτο robot, το Shakey robot.
- ❑ 1968: Το πρόγραμμα ANALOGY του Tom Evans έλυσε προβλήματα γεωμετρικής αναλογίας που χρησιμοποιούνταν σε τεστ ευφυΐας.
- ❑ 1962: Βελτιώσεις της μεθόδου μάθησης των νευρωνικών δικτύων του Hebb από τον Rosenblatt με τα perceptrons.



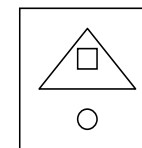
Αν το Α αντιστοιχεί στο Β τότε το C σε ποιο από τα ακόλουθα γεωμετρικά σχήματα αντιστοιχεί;



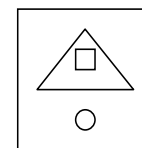
A



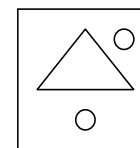
B



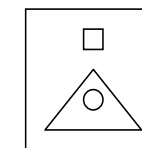
C



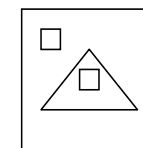
1



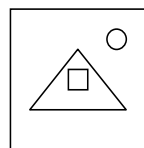
2



3



4



5

# Η Εξέλιξη της ΤΝ

## Δεκαετία '70

- ❖ Τον ενθουσιασμό της πρώτης δεκαετίας της Τ.Ν. διαδέχθηκε η εποχή της κριτικής ότι τα συστήματα ήταν κατάλληλα μόνο για παιχνίδια (toy problems).
- ❖ Τη δεκαετία του '70 αναπτύχθηκαν συστήματα που περιείχαν την απαιτούμενη γνώση ώστε να συμπεριφέρονται όπως οι άνθρωποι ειδικοί σε διάφορα θέματα.
  - ❑ Ονομάστηκαν Έμπειρα Συστήματα (**Expert Systems**) ή Συστήματα Γνώσης (**Knowledge Systems**):
    - ❑ Αρχές δεκαετίας του '70: Προτάθηκε η γλώσσα προγραμματισμού Prolog.
    - ❑ 1975: Προτάθηκαν από τον Minsky τα πλαίσια (frames).

## Δεκαετία '80

- ❖ Το 1981 οι Ιάπωνες ανακοίνωσαν το πρόγραμμα της 5<sup>ης</sup> γενιάς, ένα δεκαετές πρόγραμμα για την κατασκευή υπολογιστών με γλώσσα μηχανής την Prolog.
  - ❑ Στόχος ήταν να κατασκευαστούν ευφυή συστήματα, τα οποία εκτός των άλλων, θα ήταν σε θέση να επικοινωνούν πλήρως με τον άνθρωπο σε φυσική γλώσσα.
- ❖ Στα μέσα της δεκαετίας του '80 επανεμφανίστηκαν τα νευρωνικά δίκτυα.

# Η Εξέλιξη της ΤΝ

## Περίοδοι

- ❖ Πολλοί συγγραφείς διακρίνουν στην ιστορία της ΤΝ τέσσερις περιόδους.
  - ❑ Προϊστορική: η ΤΝ ουσιαστικά προαναγγέλλεται σε διηγήματα επιστημονικής φαντασίας.
  - ❑ Κλασική (μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1960): αναπτύχθηκαν συστήματα που έπαιζαν παιχνίδια και έλυναν γρίφους.
  - ❑ Ρομαντική (μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1970): οι προσπάθειες επικεντρώνονται στην ανάπτυξη συστημάτων που κατανοούν ιστορίες και διάλογους σε φυσική γλώσσα.
  - ❑ Μοντέρνα (μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1980): χαρακτηρίζεται από την ανάπτυξη συστημάτων που βασίζονται στη γνώση και την εμπορική εκμετάλλευση των αποτελεσμάτων της έρευνας γύρω από την ΤΝ.
  
- ❖ Αυτήν την εποχή βιώνουμε τη *μετα-μοντέρνα* περίοδο στην οποία η ΤΝ καλείται να παίξει ένα σημαντικό ρόλο σε ένα νέο πληροφοριακό περιβάλλον του οποίου κύρια χαρακτηριστικά είναι η εξάπλωση του διαδικτύου και η διείσδυση των υπολογιστικών συστημάτων σε κάθε είδους συσκευές ευρείας και καθημερινής χρήσης (pervasive computing).

# Η Τεχνητή Νοημοσύνη Σήμερα (1/4)

- ❖ Τα τελευταία χρόνια είχαμε σημαντικές εξελίξεις σε εφαρμογές της Τ.Ν. Αυτήν τη στιγμή υπάρχουν:
  - ❑ Συστήματα τα οποία βοηθούν τον χρήστη στο να χρησιμοποιήσει ορισμένα προγράμματα (για παράδειγμα Office Assistant),
  - ❑ Να αναζητήσει πληροφορία στο διαδίκτυο, να στείλει email, να τηρήσει ραντεβού, να συγκρίνει τιμές προϊόντων και πολλά άλλα.
  - ❑ Σε ορισμένες περιπτώσεις μάλιστα είναι σε θέση ακόμη και να μιλούν και να αστειεύονται (για παράδειγμα το BONZIBUDDY).
  - ❑ Συστήματα αναγνώρισης φωνής (π.χ. Pegasus), τα οποία κλείνουν αεροπορικές θέσεις τηλεφωνικά, βρίσκοντας τις βέλτιστες πτήσεις ή δίνουν διάφορες πληροφορίες γενικού ενδιαφέροντος (π.χ. η φωνητική πύλη MyCosmos).
  - ❑ Έμπειρα συστήματα πραγματικού χρόνου (π.χ. MARVEL) που επεξεργάζονται τα δεδομένα που μεταδίδονται από διαστημόπλοια.
  - ❑ Ρομποτικά συστήματα που οδηγούν αυτοκίνητα σε αυτοκινητόδρομο χρησιμοποιώντας video κάμερες και sonar (σύστημα ALVIN)
  - ❑ Συστήματα που διεξάγουν ιατρικές διαγνώσεις.
  - ❑ Συστήματα που ελέγχουν και ρυθμίζουν την κυκλοφορία αυτοκινήτων.
  - ❑ και πολλά άλλα.

## Η Τεχνητή Νοημοσύνη Σήμερα (2/4)

- ❖ Η εταιρεία SONY, ανέπτυξε το Biped Entertainment Robot - SDR -4X), το σκυλάκι AIBO με δυνατότητες αυτονομίας, αναγνώριση ομιλίας, έκφρασης συναισθημάτων με λόγο ή κινήσεις και το ρομπότ νέας γενιάς όπως το αποκαλεί, το QRIO το οποίο μπορεί και χορεύει και επικοινωνεί, αναγνωρίζοντας 10,000 ιαπωνικές λέξεις, αγγλικές ακόμη και ελληνικές.

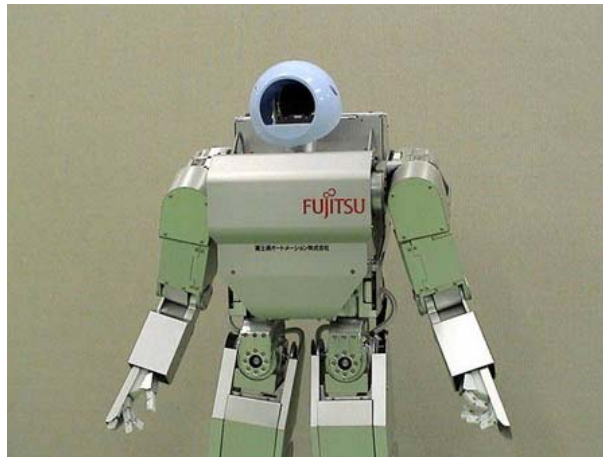


Τα ρομπότ της SONY SDR-4X (αριστερά) και QRIO (δεξιά).



## Η Τεχνητή Νοημοσύνη Σήμερα (3/4)

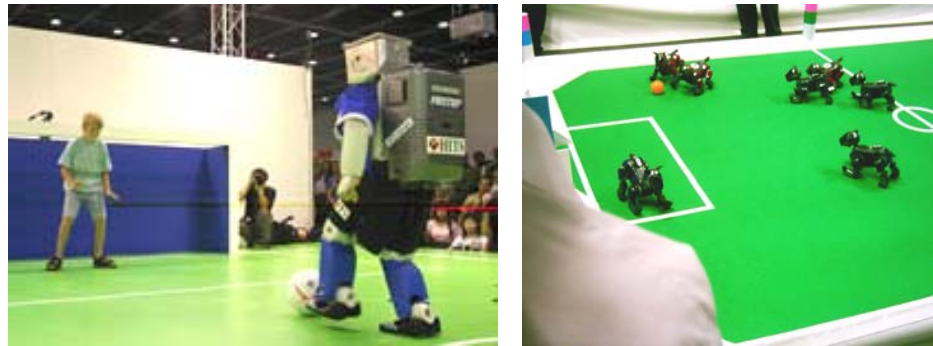
- ❖ Η εταιρεία FUJITSU ανέπτυξε το ανθρωποειδές ρομπότ HOAP (Humanoid for Open Architecture Platform) το οποίο μπορεί να κουνά το κεφάλι, τη μέση και τα χέρια του και μπορεί να συνδεθεί σε έναν υπολογιστή για μεταφορά δεδομένων.
- ❖ Η NASA σε συνεργασία με την Υπηρεσία Ανάπτυξης Προηγμένης Στρατιωτικής Τεχνολογίας των ΗΠΑ, (DARPA) ανέπτυξαν τον "Ρομποναύτη" (ROBONAUT) για τη συντήρηση του διαστημικού τηλεσκοπίου HUBBLE, προσαρμοσμένο πάνω στον ρομποτικό βραχίονα του διαστημικού λεωφορείου.



Τα ρομπότ HOAP (αριστερά) και ROBONAUT (δεξιά)

## Η Τεχνητή Νοημοσύνη Σήμερα (4/4)

- ❖ Διοργανώνονται σε ετήσια βάση διεθνείς αγώνες ποδοσφαίρου, το ROBOCUP, στο οποίο πρωταγωνιστές είναι ρομπότ κάθε είδους (ανθρωποειδή, τετράποδα, κτλ.) με τελικό στόχο να αναπτυχθεί μια ομάδα αυτόνομων ανθρωποειδών ρομπότ μέχρι το 2050, ικανή να νικήσει στο ποδόσφαιρο την πρωταθλήτρια κόσμου.



Στιγμιότυπα από διοργανώσεις Robocup

# Η ΤΝ στη λογοτεχνία και τον κινηματογράφο

- ❖ Η ΤΝ υπήρχε ανέκαθεν στο μυαλό των ανθρώπων.
  - ❑ Τα πρώτα δείγματά της εμφανίζονται στην ελληνική μυθολογία (Ο Ήφαιστος κατασκεύαζε ανθρωποειδή-υπηρέτες και ο Πυγμαλίωνας την ίδια του τη γυναίκα).
- ❖ Στη σύγχρονη εποχή, η ΤΝ απασχολεί τη λογοτεχνία και τον κινηματογράφο.
  - ❑ Ο κινηματογράφος αντιμετώπισε τα τεχνητά ευφυή όντα άλλοτε με φόβο (Terminator, I Robot, Matrix), άλλοτε με ελπίδα (Robocop, Bicentennial Man) και άλλοτε με συμπάθεια (Blade Runner, AI).
  - ❑ Δεν παρέλειψε βέβαια να εκφράσει και τις επιφυλάξεις του ως προς τη ηθική των ανθρώπων που κατασκευάζουν τέτοια όντα (Space Odyssey 2001, 2010).
- ❖ Η πραγματικότητα απέχει πολύ από την επιστημονική φαντασία.
  - ❑ Η κατασκευή υπολογιστών σαν τον HAL της ταινίας Space Odyssey 2001, ή ανδροειδών σαν τον David της ταινίας AI, αποτελεί, με τα σημερινά δεδομένα, ένα μακρινό όνειρο.

# Επίλογος

- ❖ Η αλματώδης εξέλιξη των υπολογιστικών συστημάτων δημιουργεί συνεχώς νέες απαιτήσεις για τον τρόπο που αυτά πρέπει να επιλύουν προβλήματα.
- ❖ Πρωταρχικός στόχος ήταν η κατασκευή ενός συστήματος που θα μπορούσε να κερδίσει τον παγκόσμιο πρωταθλητή στο σκάκι.
  - ❑ Επιτεύχθηκε το καλοκαίρι του 1997 με τη νίκη του DEEP BLUE επί του Kasparov.
- ❖ Η TN θέτει συνεχώς υψηλότερους στόχους και πλέον προσπαθεί να δημιουργήσει συστήματα που εξαρτώνται λιγότερο από τον προγραμματιστή και περισσότερο από την ικανότητά τους να μαθαίνουν πώς να συμπεριφέρονται, αλληλεπιδρώντας με το περιβάλλον.